

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

E

H 0 1 L 21/66

H 0 1 L 21/66

J

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平7-245861

(22) 出願日

平成7年(1995)9月25日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 吉武 康裕

東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株

式会社日立製作所半導体事業部内

(72) 発明者 入来 信行

東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株

式会社日立製作所半導体事業部内

(72) 発明者 渡辺 健二

東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株

式会社日立製作所半導体事業部内

(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

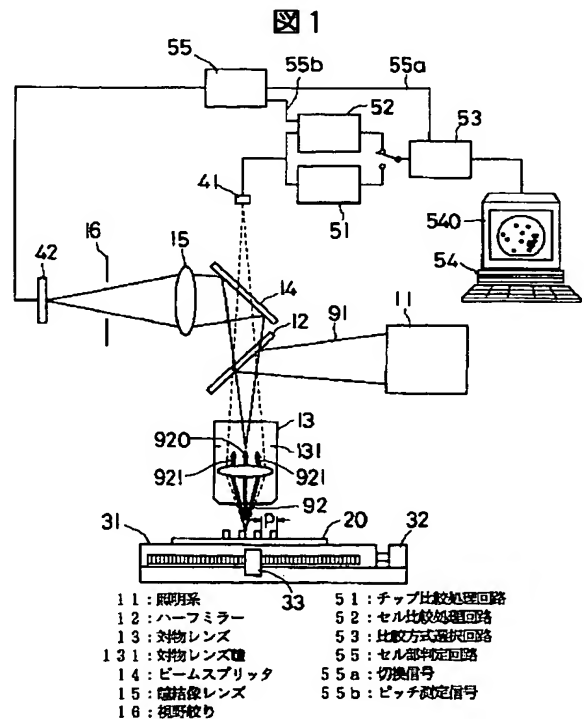
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外観検査方法および装置ならびに半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 チップ比較とセル比較を併用する半導体ウェハの外観検査装置においてセル部の判定を準備作業無しで検査中に自動的に行う。

【解決手段】 照明系11の照明光91にて照明されるXステージ31上のウェハ20から発生し、対物レンズ13によって捕捉された反射光92の一部を、パターン像検出用のセンサ41の手前でビームスプリッタ14により分岐し、分岐側の光路上に瞳結像レンズ15と視野絞り16および瞳光強度分布検出用のセンサ42を配置して対物レンズ13の画像を検出してセル部判定回路55へ送り、正反射光920のピークと、当該正反射光920のピーク位置と1次回折光921のピーク位置の間の信号レベルの比が閾値よりも小さい時にセル部と判定して判定結果を比較方式選択回路53へ出力し、セル比較処理回路52、チップ比較処理回路51の欠陥の検査結果のいずれかを選択し、コンソール54へ出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一主面に複数の素子形成領域が規則的に配列され、個々の前記素子形成領域内の少なくとも一部には繰り返しパターンが形成された半導体ウェハの外観検査方法であって、

観察光学系のフーリエ変換面で検出される光強度分布に基づいて前記繰り返しパターンが存在する第 1 の領域とそれ以外の第 2 の領域とを実時間で弁別し、

前記第 1 の領域では同一の前記素子形成領域内の前記繰り返しパターン同士を比較する第 1 の検査方法を実行し、

前記第 2 の領域では、異なる前記素子形成領域同士を比較する第 2 の検査方法を実行することを特徴とする外観検査方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の外観検査方法において、前記フーリエ変換面における前記光強度分布内の正反射光ピーク位置と 1 次回折光ピーク位置の中間位置における検出レベルと正反射光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より小さいときに前記繰り返しパターンが存在する前記第 1 の領域と判定する第 1 の操作、前記フーリエ変換面における前記光強度分布内の正反射光ピークレベルと 1 次回折光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より大きいときに前記繰り返しパターンが存在する前記第 1 の領域と判定する第 2 の操作、の少なくとも一方の操作によって第 1 および第 2 の領域を弁別することを特徴とする外観検査方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の外観検査方法において、前記フーリエ変換面上の光強度分布における正反射光ピークと 1 次回折光ピークの距離から前記繰り返しパターンのピッチを測定し、前記第 1 の検査方法の実行時には、測定された前記ピッチを用いて前記繰り返しパターン同士を比較することを特徴とする外観検査方法。

【請求項 4】 一主面に複数の素子形成領域が規則的に配列され、個々の前記素子形成領域内の少なくとも一部には繰り返しパターンが形成された半導体ウェハの外観検査装置であって、

前記半導体ウェハの被検査パターンを照明する第 1 の照明手段と、

前記第 1 の照明手段によって照明された前記被検査パターンから発生する検査光を取り込む対物レンズと、

前記検査光を用い、同一の前記素子形成領域内の前記繰り返しパターン同士を比較することによって欠陥の有無を検査する第 1 の検査手段と、

前記検査光を用い、異なる前記素子形成領域同士を比較することによって欠陥の有無を検査する第 2 の検査手段と、

前記検査光を分岐する検査光分岐手段と、

分岐された前記検査光の光路上に配置され、前記対物レンズの瞳を結像する瞳結像手段と、

前記瞳上の光強度分布を検出する瞳上光強度分布検出手

段と、

前記瞳上の前記光強度分布から前記被検査パターンが前記繰り返しパターンを含むか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段によって前記被検査パターンが前記繰り返しパターンを含むと判定された場合には前記第 1 の検査手段を選択し、前記被検査パターンが前記繰り返しパターンを含まないと判定された場合には前記第 2 の検査手段を選択する選択手段と、を含むことを特徴とする外観検査装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の外観検査装置において、前記判定手段は、前記瞳上における前記光強度分布内の正反射光ピーク位置と 1 次回折光ピーク位置の中間位置における検出レベルと正反射光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より小さいとき、または、前記瞳上における前記光強度分布内の正反射光ピークレベルと 1 次回折光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より大きいときに、前記被検査パターンに前記繰り返しパターンが存在すると判定することを特徴とする外観検査装置。

【請求項 6】 請求項 4 記載の外観検査装置において、前記検査光分岐手段と瞳上光強度分布検出手段の間における前記被検査パターンとの共役位置に、当該被検査パターンからの反射光の通過を制限する視野絞りを備えたことを特徴とする外観検査装置。

【請求項 7】 請求項 4 記載の外観検査装置において、前記第 1 の照明手段による第 1 の照明光とは波長が異なる第 2 の照明光によって前記被検査パターンを照明する第 2 の照明手段を備え、前記検査光分岐手段は、前記第 1 の照明光を透過させ、前記第 2 の照明光を選択的に反射する波長分離ミラーからなることを特徴とする外観検査装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の外観検査装置において、前記第 2 の照明手段は、前記第 2 の照明光によって前記被検査パターンを斜め方向から直接的に照明することを特徴とする外観検査装置。

【請求項 9】 請求項 4 記載の外観検査装置において、前記判定手段は、前記瞳上における前記光強度分布内の正反射光ピーク位置と 1 次回折光ピーク位置の距離から前記繰り返しパターンのピッチを測定し、前記第 1 の検査手段は、測定された前記ピッチを用いて前記繰り返しパターン同士を比較することにより前記欠陥の有無を検査することを特徴とする外観検査装置。

【請求項 10】 半導体ウェハの一主面に複数の素子形成領域を規則的に配列し、個々の前記素子形成領域内に所望の構造の半導体装置を形成する半導体装置の製造方法であって、個々の前記素子形成領域における欠陥の有無を、請求項 1、2 または 3 記載の外観検査方法、または請求項 4、5、6、7、8 または 9 記載の外観検査装置を用いて実行することを特徴とする半導体装置の製造

方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、外観検査技術および半導体装置の製造技術に関し、特に、半導体装置の製造プロセスにおいて、チップ同士を比較するチップ比較方式とセル部同士を比較するセル比較方式を併用する外観検査技術に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】たとえば、半導体製造工程におけるウェハプロセスで発生する異物、ショート、断線等の欠陥は従来より画像処理を応用した外観検査装置により自動的に検査されている。このような外観検査技術としては、たとえば、ウェハ上に格子状に配列されるように反復形成された複数の素子形成領域（チップ）のうちの隣接する二つの素子形成領域の対応する画像の差分を求めて異物の有無を判定する方法が知られている。二つの素子形成領域の差分画像から欠陥を検出する方法はチップ比較と呼ばれ、後述するセル比較と異なり、回路パターンに依存しないで欠陥を検出することができるが、反面、比較する画像が1チップ分離れているので、露光装置のアライメント誤差によるチップ間の形状差異、あるいは中間膜厚の差異による微妙な濃淡差等、欠陥とはならないチップ間の差異を欠陥として検出してしまう（以下これを虚報と呼ぶ）。このため、濃淡しきい値をこれらの差異を検出しない値まで上げなければならず、結果として形状または濃淡差異と同等の微細な欠陥を検出することはできない。

【0003】一方、個々の素子形成領域毎に当該素子形成領域内に規則的に形成された複数の繰り返しパターンを相互に比較して欠陥の有無を判定するものがセル比較である。すなわち、DRAM等の半導体ICチップは、通常、繰り返しパターンからなるセル部とそれ以外の周辺回路部からなる。ここでは、セル部の間にあるセンスアンプの領域もセルピッチとは異なる繰り返しピッチであるので周辺回路と呼ぶことにする。セル比較では同一チップ内のセル部の画像を比較し、差分画像を求めることにより欠陥検出を行う。セル部のパターンは、通常、同一パターンの繰り返しによって構成されているので、セルパターン画像とセルピッチまたはセルピッチの整数倍離れた他のセルパターン画像の差分を取ることによって差画像を得、前述のチップ比較と同様に適当なしきい値により欠陥の有無を判定する。

【0004】このセル比較では比較する画像間の距離が小さいのでパターン形状の類似性が高く、チップ比較で述べたような微妙な差異も無いため、虚報を恐れることなくしきい値を低く設定できる。この結果チップ比較に対してより微細な欠陥を検出することができる。しかし、このセル比較は繰り返しパターンの存在する領域でしか使えない。

【0005】このため、たとえば、特開平3-232250号公報に開示された技術では、チップ比較を実行する信号処理系と、セル比較を実行する信号処理系を並列に動作させ、周辺回路部では比較的パターンが粗いのでチップ比較を、パターンの細かいセル部ではセル比較を、というように領域に応じてチップ比較とセル比較を使い分けようとしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のように、チップ比較とセル比較を使い分けようとする場合、検査中の領域がセル領域なのか、それ以外の領域なのかを判定する必要があり、前述の従来技術では、このためにセル部／周辺回路部境界の座標データの inputs を制御系の計算機を介して個別にマニュアルで入力する必要がある。

【0007】しかし、セル領域はチップ内で多数に分断されているため、座標データの input 作業は時間がかかり、場合によっては1時間以上要する場合もあり、検査工程の所要時間が必要以上に長くなり、ひいては半導体装置の製造プロセスのスループット低下の一因となる、という問題がある。

【0008】特に、ASIC等のように、品種毎にセル部のレイアウトが異なるような製品の検査を行う場合、各チップ毎に座標データの input を行う必要があり、検査前の準備作業は一層煩雑かつ長時間を必要とするようになる。

【0009】なお、前記座標データとして設計データ等を用いることも考えられるが、前述のチップ比較のところで説明したように、実際のパターンの位置関係は、ホトリソグラフィ等における重ね合わせ誤差等の累積によって必ずしも、設計データには一致せず、たとえばセル部／周辺回路部境界等において虚報が多発することが懸念され、実用的ではない。

【0010】本発明の目的は、煩雑な準備作業を必要とすることなく、チップ比較方式とセル比較方式を併用する外観検査を迅速に行うことが可能な外観検査技術を提供することにある。

【0011】本発明の他の目的は、被検査パターンの実測寸法に基づいて、より正確な外観検査を行うことが可能な外観検査技術を提供することにある。

【0012】本発明のさらに他の目的は、半導体装置の製造プロセスにおけるスループットを向上させることが可能な半導体装置の製造技術を提供することにある。

【0013】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【0014】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0015】すなわち、本発明の外観検査方法は、一主面に複数の素子形成領域が規則的に配列され、個々の素子形成領域内の少なくとも一部には繰り返しパターンが形成された半導体ウェハの外観検査方法において、観察光学系のフーリエ変換面で検出される光強度分布に基づいて繰り返しパターンが存在する第1の領域とそれ以外の第2の領域とを長時間で弁別し、第1の領域では同一の素子形成領域内の繰り返しパターン同士を比較する第1の検査方法を実行し、第2の領域では、異なる素子形成領域同士を比較する第2の検査方法を実行するものである。

【0016】また、フーリエ変換面における光強度分布内の正反射光ピーク位置と1次回折光ピーク位置の中間位置における検出レベルと正反射光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より小さい場合、あるいは、フーリエ変換面における光強度分布内の正反射光ピークレベルと1次回折光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より大きい場合、に繰り返しパターンが存在する第1の領域と判定するものである。

【0017】また、フーリエ変換面上の光強度分布における正反射光ピークと1次回折光ピークの距離から繰り返しパターンのピッチを測定し、第1の検査方法の実行時には、測定されたピッチを用いて繰り返しパターン同士を比較するものである。

【0018】また、本発明の外観検査装置は、一主面に複数の素子形成領域が規則的に配列され、個々の素子形成領域内の少なくとも一部には繰り返しパターンが形成された半導体ウェハの外観検査装置において、半導体ウェハの被検査パターンを照明する第1の照明手段と、第1の照明手段によって照明された被検査パターンから発生する検査光を取り込む対物レンズと、検査光を用い、同一の素子形成領域内の繰り返しパターン同士を比較することによって欠陥の有無を検査する第1の検査手段と、検査光を用い、異なる素子形成領域同士を比較することによって欠陥の有無を検査する第2の検査手段と、検査光を分岐する検査光分岐手段と、分岐された検査光の光路上に配置され、対物レンズの瞳を結像する瞳結像手段と、瞳上の光強度分布を検出する瞳上光強度分布検出手段と、瞳上の光強度分布から被検査パターンが繰り返しパターンを含むか否かを判定する判定手段と、判定手段によって被検査パターンが繰り返しパターンを含むと判定された場合には第1の検査手段を選択し、被検査パターンが繰り返しパターンを含まないと判定された場合には第2の検査手段を選択する選択手段とを含む構成としたものである。

【0019】また、前述の判定手段は、瞳上における光強度分布内の正反射光ピーク位置と1次回折光ピーク位置の中間位置における検出レベルと正反射光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より小さいとき、あるいはフーリエ変換面における光強度分布内の正反射光ピ

ークレベルと1次回折光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より大きいときに、被検査パターンに繰り返しパターンが存在すると判定することができる。

【0020】また、検査光分岐手段と瞳上光強度分布検出手段の間における被検査パターンとの共役位置に、当該被検査パターンからの反射光の通過を制限する視野絞りを備えたものである。また、第1の照明手段による第1の照明光とは波長が異なる第2の照明光によって被検査パターンを照明する第2の照明手段を備え、検査光分岐手段は、第1の照明光を透過させ、第2の照明光を選択的に反射する波長分離ミラーからなる構成とすることができる。また、第2の照明手段は、第2の照明光によって被検査パターンを斜め方向から直接的に照明する構成とすることができる。

【0021】また、本発明の半導体装置の製造方法は、半導体ウェハの一主面に複数の素子形成領域を規則的に配列し、個々の素子形成領域内に所望の構造の半導体装置を形成する半導体装置の製造方法において、個々の素子形成領域における欠陥の有無を、上述の外観検査方法または外観検査装置を用いて実行するものである。

【0022】すなわち、半導体ウェハの素子形成領域において、セル部は繰り返しパターンで構成されており、光学的には回折格子と同様な性質をもつ。このため、セル部に平行光を照射した場合、その反射光は特定方向に強い分布をもつ回折光を発生する。この回折光の有無を検知すれば、セル部と周辺部の区別を瞬時に行うことができる。本発明では、たとえば、照明される半導体ウェハから発生する検査光の一部を取り出して、対物レンズの瞳面の画像を検出し、この画像における光強度分布内の正反射光ピーク位置と1次回折光ピーク位置の中間位置における検出レベルと正反射光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より小さいとき、あるいはフーリエ変換面における光強度分布内の正反射光ピークレベルと1次回折光ピークレベルの比が予め設定されたしきい値より大きいときに、被検査パターンに繰り返しパターンが存在すると判定し、この判定結果に応じて、セル比較方式とチップ比較方式を自動的に切り換える。

【0023】これにより、セル領域を予め登録する等の煩雑で長時間を必要とする準備作業なしに、どのような構成の半導体装置を検査する時にもセル比較方式とチップ比較方式の切り換えを瞬時に行うことができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0025】（実施の形態1）図1は、本発明の一実施の形態である外観検査方法が実施される外観検査装置の構成の一例を示す概念図であり、図2は、本実施の形態における外観検査装置の構成の一例を示す斜視図、図3は、その作用の一例を示す線図、図4は、その作用の一例を示す概念図、図5は、その一部の構成の一例を示す

概念図、図6は、その作用の一例を示す概念図、図7は、その作用の一例を示す線図、図8は、その作用の一例を示すフローチャートである。

【0026】まず、図1および図2を用いて本実施の形態の外観検査装置の構成を説明する。ウェハ20が載置されるXステージ31には、Xステージ駆動部32が設けられ、図1の左右方向にXステージ31を移動させる動作を行う。Xステージ31の側面には測長スケール33が設けられており、Xステージ31や、当該Xステージ31に載置されたウェハ20の座標位置が精密に測定され、コンソール54に入力され、たとえば、Xステージ31の移動動作の制御や、ウェハ20における欠陥の位置座標の記録等に用いられる。

【0027】なお、図1および図2には図示してないがXステージ31の下にチップの比較方向(X方向)と垂直方向に移動するYステージおよびY方向の測長スケールが存在し、セル部のY方向の境界座標によるセル/周辺回路の切り換えも可能となっている。

【0028】一方、照明系11内にはたとえば、XeまたはXe-Hgランプが実装されており、照明系11より出射した照明光91はハーフミラー12を介し、対物レンズ13の対物レンズ瞳131上に集光され、Xステージ31に載置されたウェハ20を平行光で照明する。ウェハ20の反射光92は対物レンズ13を介し、ハーフミラー12、ビームスプリッタ14を透過し、センサ41上に結像される。センサ41には、チップ比較処理回路51とセル比較処理回路52が接続されている。

【0029】チップ比較処理回路51では、チップ比較により欠陥の有無の検査を行う。セル比較処理回路52では、個々のチップ内のセル部間の比較により欠陥の有無の検査を行う。

【0030】図12により、本実施の形態における欠陥検出方法であるチップ比較(第2の検査方法)とセル比較(第1の検査方法)について説明する。ウェハ20上の隣接するチップ21およびチップ22はXステージ31を走査することにより、センサ41により、画像511および画像512として撮像され、チップ比較処理回路51に記憶される。チップ比較処理回路51は画像511および画像512の相対的な位置合わせを行った後、画像511から画像512を引く減算を行い、差画像513を得、これに適当な濃淡しきい値を適用して欠陥の有無を判別する。隣接するチップ21およびチップ22の対応する画像から欠陥を検出する方法は回路パターンに依存しないで欠陥を検出することができるが、反面、比較する画像が1チップ分離れているので、露光装置のアライメント誤差によるチップ間の形状差異、あるいは中間膜厚の差異による微妙な濃淡差等、欠陥とはならないチップ間の差異を欠陥として検出してしまいうため、濃淡しきい値をこれらの差異を検出しない値まで上げなければならず、結果として形状または濃淡差

異と同等の微細な欠陥を検出することはできない。

【0031】次にセル比較について説明する。DRAM等の半導体IC等が形成されるチップ21(チップ22)は繰り返しパターンからなるセル部とそれ以外の周辺回路部からなる。ここでは、セル部の間にあるセンスアンプの領域もセルピッチとは異なる繰り返しピッチであるので周辺回路と呼ぶことにする。セル比較では同一チップ内のセル部の画像を比較することにより欠陥検出を行う。セル部のパターン520は同一パターンの繰り返しによって構成される。セル比較処理回路52は、画像521とセルピッチまたはセルピッチの整数倍離れた画像522を差分を取ることによって差画像523を得、チップ比較と同様に適当なしきい値により欠陥の有無を判定する。セル比較では比較する画像間の距離が小さいのでパターン形状の類似性が高く、チップ比較で述べたような微妙な差異も無いため、虚報を恐れることなくしきい値を低く設定できる。この結果チップ比較に対してより微細な欠陥を検出することができる。しかし、このセル比較は繰り返しパターンの存在する領域でしか使えず、セル部以外の周辺回路等ではチップ比較が必要となる。

【0032】チップ比較処理回路51とセル比較処理回路52は同時並行で、それぞれチップ比較、セル比較によって欠陥の有無を検査する処理を行う。これらの出力データの選択は本実施の形態の場合、後述のようなセル部判定回路55によって選択動作が制御される比較方式選択回路53によって自動的に行われる。比較方式選択回路53には、コンソール54が接続されており、チップ比較処理回路51およびセル比較処理回路52から出力される測定データはモニタ540に随時表示され必要に応じてコンソール54に付属した持久的な記憶媒体に格納される。

【0033】この実施の形態の場合、反射光92の一部はビームスプリッタ14で反射され、瞳結像レンズ15により、対物レンズ13の対物レンズ瞳131がセンサ42上に結像される。対物レンズ瞳131はウェハ20のフーリエ変換位置であり、セル部からの回折光が正反射光に対して最も分離度良く検出できる位置である。セル部が照明される場合、1次回折光921が発生する。対物レンズ瞳131上での1次回折光921の正反射光920に対する距離Xdはセル部のパターンピッチの設計値をp、照明光の波長をλ、対物レンズ13の焦点距離をfとすると、

【0034】

【数1】

$$X_d = \frac{f\lambda}{p} \quad (1)$$

【0035】で与えられる。また、センサ42上では、図3に示すような光強度分布が得られるが、正反射光ビ

ーク420に対する1次回折光ピーク421の距離 X_d' は瞳結像レンズ15の倍率を m とすると次式で与えられる。

【0036】

【数2】

$$X_d' = mX_d \quad (2)$$

【0037】最大光強度を与える正反射光ピーク420の高さを A 、正反射光ピーク420から $X_d' / 2$ だけ離れた位置の光強度高さ、すなわち、正反射光ピーク420と1次回折光ピーク421の midpointの高さを B とし、これらの比 $R = B/A$ を定義する。

【0038】1次回折光ピーク421を顕在化させるため図4に示すように、対物レンズ瞳131上での照明光源の像910の径 D は X_d より小さくなるように、照明系11内の開口絞り（図示せず）の大きさを決める。

【0039】図1の視野絞り16は対物レンズ13、瞳結像レンズ15によるウェハ20と共役な位置に配置されており、図5に示すような矩形状の開口部を有し、センサ42で取り込むウェハ20上の視野範囲を制限する。図6に視野絞り16で制限された視野210内の繰り返しパターン211～214とセンサ42で検出される光強度分布401～404の関係を示す。センサ41で検出されるウェハ20上の視野200は視野絞り16で制限された視野210の中心付近の一部である。センサ41の視野200は繰り返しパターン一つ分より小さいので、視野絞り16を同様に小さくするとパターンの繰り返し性に伴う回折光の発生が小さく図3の高さ B が十分小さくならない。このため、視野絞り16の大きさはたとえば少なくとも3個程度の繰り返しパターンが含まれるような大きさとする。図6に示すように視野210内での同一ピッチの繰り返しパターンの面積比率が大きくなるほど図3の高さ B が小さくなる。逆に視野210内でのパターンに繰り返し性が無くなると、センサ42内での光強度分布には図6の光強度分布404のように、パターンピッチに対応する特定位置での回折光の発生が無くなり、ガウス分布に近い形になる。

【0040】図7に $R (= B/A)$ と視野全体に対する繰り返しパターンの面積比率の関係を示す。予め図6の関係を求めておき、しきい値 R_{th} はセンサ41の視野200内に常に繰り返しパターンが入るように十分小さな値に設定する。セル部判定回路55には図7の関係としきい値 R_{th} が予め入力されており、センサ42で検出した光強度分布から図8に示す処理を行い、比較方式選択回路53を制御して、同時並行して動作しているチップ比較処理回路51およびセル比較処理回路52の出力のいずれを選択するかを検査中に実時間で切り換える動作を行う。

【0041】以下、本実施の形態における外観検査方法および装置さらにはそれを用いた半導体装置の製造方法

の作用の一例を説明する。

【0042】まず、前段のプロセスにおいて一主面の複数のチップ21、チップ22に所望のパターンが形成されたウェハ20を所定の姿勢で X ステージ31の上に載置し、対物レンズ13を所定の検査開始位置に位置決めする。そして、照明系11からの照明光91をハーフミラー12、対物レンズ13を介してウェハ20の検査領域に照射すると同時に、ウェハ20を対物レンズ13の光軸に対して相対的に X 方向に走査する。この時、ウェハ20から発生する反射光92は、対物レンズ13、ハーフミラー12、ビームスプリッタ14を介してセンサ41に入射し、電気信号に変換されてチップ比較処理回路51およびセル比較処理回路52に同時に入射され、それぞれにおける処理が並行して実行される。

【0043】この時、本実施の形態では、反射光92の一部を、ビームスプリッタ14によって分岐し、分岐後の光路上の瞳結像レンズ15、視野絞り16により、対物レンズ瞳（絞り）131をセンサ42上に結像させ、電気信号に変換してセル部判定回路55に入力する。対物レンズ瞳131はウェハ20のフーリエ変換位置であり、セル部からの回折光が正反射光に対して最も分離度良く検出できる位置である。セル部を照明している場合のセンサ42の出力は、図3に示すように正反射光ピーク420の両隣に1次回折光ピーク421をもつ。セル部判定回路55は、セル部照明時のセンサ42上での光強度分布の変化を検出し、セル部とそれ以外の部分を判別できる。具体的には、前述のように、正反射光ピーク420の高さを A 、正反射光ピーク420の位置と1次回折光ピーク421の位置の midpointでの光強度の高さを B 、予め設定したしきい値を R_{th} とすると、 $B/A < R_{th}$ の時にセル部であると判定する。セル部判定回路55は上述のような判定処理を実時間でを行い、セル比較とチップ比較の切換信号55aを比較方式選択回路53に出力して、チップ比較処理回路51およびセル比較処理回路52の各々から出力される欠陥検査結果のいずれかを選択し、コンソール54に出力し、媒体に記録したり、モニタ540を介して欠陥検出情報を操作者に提示する、等の動作を行う。

【0044】なお、セル部判定回路55におけるセル部の判定のアルゴリズムとしては、上述の方式に限らず、たとえば、図3における正反射光ピーク420の高さ A および1次回折光ピーク421の高さ C を測定し、両者の比 $R1 = C/A$ が所定のしきい値 R_{th}' よりも大きい場合、すなわち、 $R1 = C/A > R_{th}'$ が成立する場合にセル部であると判定するアルゴリズムを用いてもよい。

【0045】このように、本実施の形態によれば、従来のようにセル部の座標を予め学習させるための準備作業を必要とすることなく、対物レンズ瞳131と共役位置での光強度分布をモニタすることにより、視野内のパタ

ーンがセル部かそれ以外の部分であるかを実時間で判定し、セル領域の時にはセル比較処理回路52から出力される欠陥検出結果を選択し、セル領域以外の場合には、チップ比較処理回路51から出力される欠陥検出結果を選択するので、虚報の発生を最小限に抑止して正確な欠陥の検出を行うことができる。このため、特にASIC等、セル部のレイアウトが異なる品種を検査する場合、準備作業が不要な分、迅速に検査することができ、多数の製品不良を発生させる前に確実に不良が検知できる。

【0046】従って、ウェハ20の正確な欠陥検査を迅速に遂行することができ、半導体装置の製造プロセスにおける外観検査工程のスループットを大幅に向上させることができる。

【0047】なお、図1ではセンサ42をx方向、すなわち、ステージの走査方向の繰り返しパターン of の回折光を検出するような配置とした。しかし、センサ42を紙面と直交する方向に配置し、y方向（ステージ走査と直交する方向）の繰り返しパターン of の回折光を検出しy方向でのセル比較へ切り換えることも可能である。また、上記では1次回折光を用いる場合について述べたが、2次より大きい次数の回折光を用いても同様な処理を行うことができる。

【0048】（実施の形態2）図13は、本発明の他の実施の形態である外観検査方法の作用の一例を示すフローチャートである。上述の実施の形態1では、Xd'を算出するため繰り返しパターン of のピッチpに設計値を与えていたが、視野200内に繰り返しパターン of を入れ、センサ42で光強度分布を測定することによりピッチpを予め実測することができる。そして、この実測されたピッチpを用いてセル比較処理回路52におけるセル比較による欠陥検査を実行する。

【0049】以下に測定処理方法の一例を示す。

【0050】（1）正反射光ピーク420の位置検出。

【0051】（2）1次回折光ピーク421の位置検出。

【0052】（3）上記2つのピーク位置の差Xd'算出。

【0053】（4）ピッチpを次式により算出。

【0054】

【数3】

$$p = \frac{mf\lambda}{X_d'} \quad (3)$$

【0055】実製品のウェハ20からの回折光分布より測定されたセル領域のピッチpは、パターン形成のための実際の露光時の倍率変化等を反映しており、従来の設計値のピッチを用いる場合よりも正確なセルピッチを得ることができる。

【0056】すなわち、本実施の形態によりセル比較を行うパターン間の距離すなわちピッチpを自動的に決定

することができる。これらの処理はセル部判定回路55にて成され、算出されたピッチpの値は、ピッチ測定信号55bとしてセル比較処理回路52に出力される。セル比較処理回路52は、設計値ではなく、このピッチ測定信号55bのピッチpの値を用いて、セル領域における繰り返しパターン of の比較判定処理を実行する。

【0057】このように、本実施の形態2の場合には、実製品のウェハ20からの回折光分布よりセル領域の繰り返しパターン of のピッチpを測定し、この測定されたピッチpを用いてセル領域における繰り返しパターン of の比較判定処理（セル比較）を行うので、実際のウェハ20上における繰り返しパターン of の実態に適合したより正確な欠陥検査を行うことができる、という利点がある。

【0058】（実施の形態3）次に、図9を参照して本発明のさらに他の実施の形態について説明する。この実施の形態3の場合には、照明系11とは別に、セル領域を弁別するための専用の光源として半導体レーザ171を用いるところが、前述の実施の形態1の場合と異なっている。

【0059】すなわち、半導体レーザ171より出射したレーザ光93はレーザ照明レンズ172により、ダイクロイックミラー173、ハーフミラー12を介して対物レンズ瞳131上に集光される。ウェハ20で反射されたレーザ光93は対物レンズ13、ハーフミラー12を介して、ダイクロイックミラー141で反射され、瞳結像レンズにより対物レンズ瞳131の像としてセンサ43上に結像される。ダイクロイックミラー173、141は長波長の光を反射、短波長の光を透過する。レーザ光93の波長をたとえば780nm、照明系11より出射される照明光91の中心波長を550nmとすれば、それぞれの光がダイクロイックミラー173、141で反射、透過する際に生じる光損失は殆ど0にすることができる。

【0060】本実施例では空間的コヒーレンスの高いレーザ光93を用いるので、Xeランプのようなランプを使う場合と比べて、視野内全てが繰り返しパターン of であった場合に発生する回折光は鋭いピークをもつ。このため、図3の光強度Bの値はより小さくなり、しきい値Rt hも低くできるため、ノイズに影響されない正確なセル部の認識が可能となる。

【0061】また、図10に示すように半導体レーザ171とレーザコリメートレンズ174によりレーザ光94が平行光としてウェハ20に直接斜入射させても良い。この時、センサ42上での光強度分布は図11に示すように正反射光ピーク420に対して片側にしか1次回折光ピーク421が発生しない。しかし、セル部の判定は上記と同様の方法を用いて行うことができる。なお、図10の実施例では、ダイクロイックミラー173が不要になり、入射時でのハーフミラー12での損失が無くなるため、半導体レーザ171の光の利用効率に向

上する。

【0062】以上本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0063】以上の説明では、主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野である半導体装置の製造プロセスに適用した場合について説明したが、一般の微細な欠陥の検出技術に広く適用することができる。

【0064】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0065】本発明の外観検査方法および装置によれば、煩雑な準備作業を必要とすることなく、チップ比較方式とセル比較方式を併用する外観検査を迅速に行うことができる、という効果が得られる。

【0066】また、本発明の外観検査方法および装置によれば、被検査パターンの実測寸法に基づいて、より正確な外観検査を行うことができる、という効果が得られる。

【0067】また、本発明の半導体装置の製造方法によれば、外観検査工程を含む半導体装置の製造プロセスにおけるスループットを向上させることができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態である外観検査方法が実施される外観検査装置の構成の一例を示す概念図である。

【図2】本発明の一実施の形態における外観検査装置の構成の一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の一実施の形態における外観検査装置の作用の一例を示す線図である。

【図4】本発明の一実施の形態における外観検査装置の作用の一例を示す概念図である。

【図5】本発明の一実施の形態における外観検査装置の一部の構成の一例を示す概念図である。

【図6】本発明の一実施の形態における外観検査装置の一部の構成の一例を示す概念図である。

【図7】本発明の一実施の形態における外観検査装置の作用の一例を示す線図である。

【図8】本発明の一実施の形態における外観検査装置の作用の一例を示すフローチャートである。

【図9】本発明のさらに他の実施の形態である外観検査装置の構成の一例を示す概念図である。

【図10】本発明のさらに他の実施の形態である外観検査装置の構成の一例を示す概念図である。

【図11】本発明のさらに他の実施の形態である外観検査装置の作用の一例を示す線図である。

【図12】本発明の各実施の形態における外観検査装置の作用の一例を示す概念図である。

【図13】本発明の他の実施の形態における外観検査装置の作用の一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

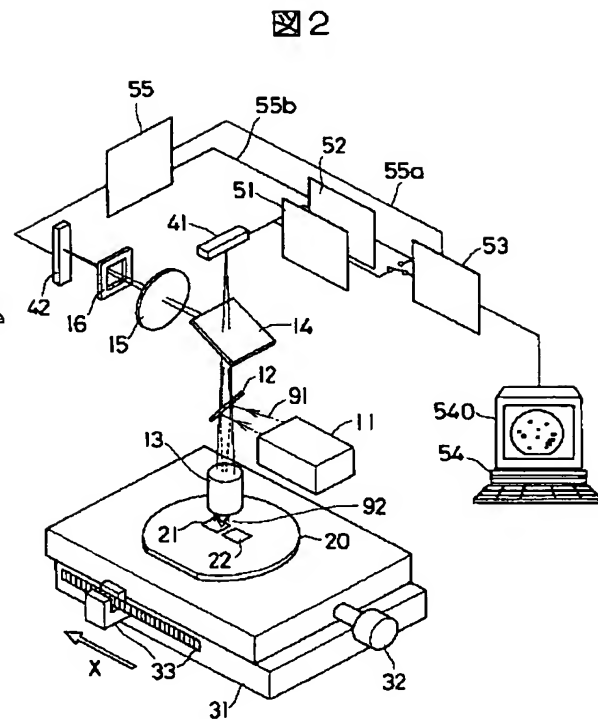
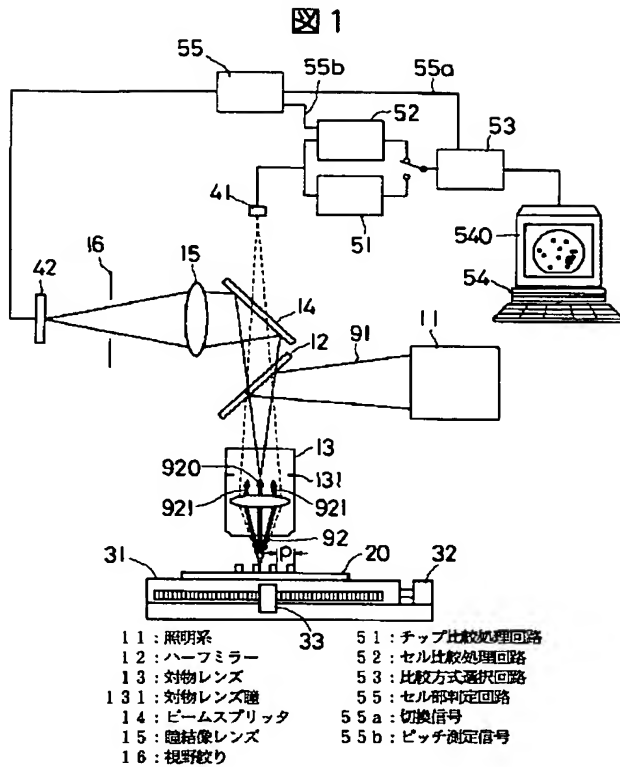
- 1 1 照明系（第1の照明手段）
- 1 2 ハーフミラー
- 1 3 対物レンズ
- 1 4 ビームスプリッタ（検査光分岐手段）
- 10 1 5 瞳結像レンズ（瞳結像手段）
- 1 6 視野絞り
- 2 0 ウェハ
- 2 1 チップ（素子形成領域）
- 2 2 チップ（素子形成領域）
- 3 1 Xステージ
- 3 2 Xステージ駆動部
- 3 3 測長スケール
- 4 1 センサ
- 4 2 センサ（瞳上光強度分布検出手段）
- 20 4 3 センサ（瞳上光強度分布検出手段）
- 5 1 チップ比較処理回路（第2の検査手段）
- 5 2 セル比較処理回路（第1の検査手段）
- 5 3 比較方式選択回路（選択手段）
- 5 4 コンソール
- 5 5 セル部判定回路
- 5 5 a 切換信号
- 5 5 b ビッチ測定信号
- 9 1 照明光（第1の照明光）
- 9 2 反射光
- 30 9 3 レーザ光（第2の照明光）
- 9 4 レーザ光（第2の照明光）
- 1 3 1 対物レンズ瞳（フーリエ変換面）
- 1 4 1 ダイクロイックミラー（波長分離ミラー）
- 1 7 1 半導体レーザ（第2の照明手段）
- 1 7 2 レーザ照明レンズ
- 1 7 3 ダイクロイックミラー
- 1 7 4 レーザコリメートレンズ
- 2 0 0 視野
- 2 1 0 視野
- 40 2 1 1 ~ 2 1 4 繰り返しパターン
- 4 0 1 ~ 4 0 4 光強度分布
- 4 2 0 正反射光ピーク
- 4 2 1 1次回折光ピーク
- 5 1 1 チップの画像
- 5 1 2 チップの画像
- 5 1 3 差画像
- 5 2 0 パターン
- 5 2 1 セルの画像
- 5 2 2 セルの画像
- 50 5 2 3 差画像

540 モニタ
910 照明光源の像

920 正反射光
921 1次回折光

【図1】

【図2】



【図3】

【図4】

【図5】

【図7】

図3

図4

図5

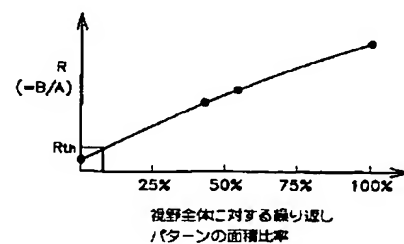
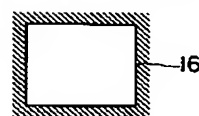
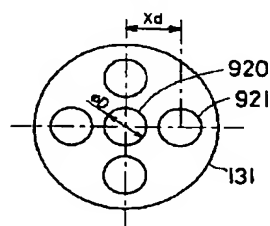
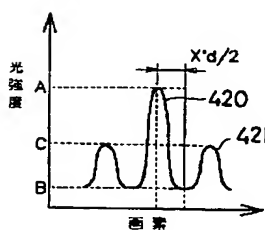
図7

図3は、照明光源の像910の光強度分布を示す。図3は、照明光源の像910の光強度分布を示す。

図4は、照明光源の像910の大きさと距離Xdの関係を示す。図4は、照明光源の像910の大きさと距離Xdの関係を示す。

図5は、視野絞りの形状を示す。図5は、視野絞りの形状を示す。

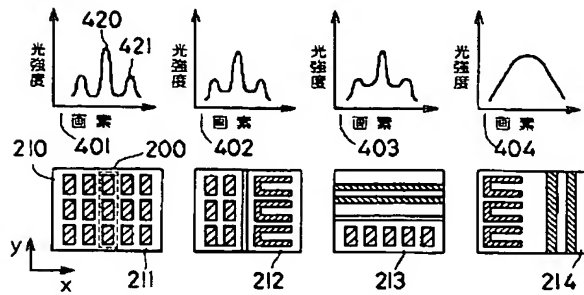
図7は、視野全体に対する繰り返しパターンの面積比率とRの関係を示す。図7は、視野全体に対する繰り返しパターンの面積比率とRの関係を示す。



【図 6】

図 6

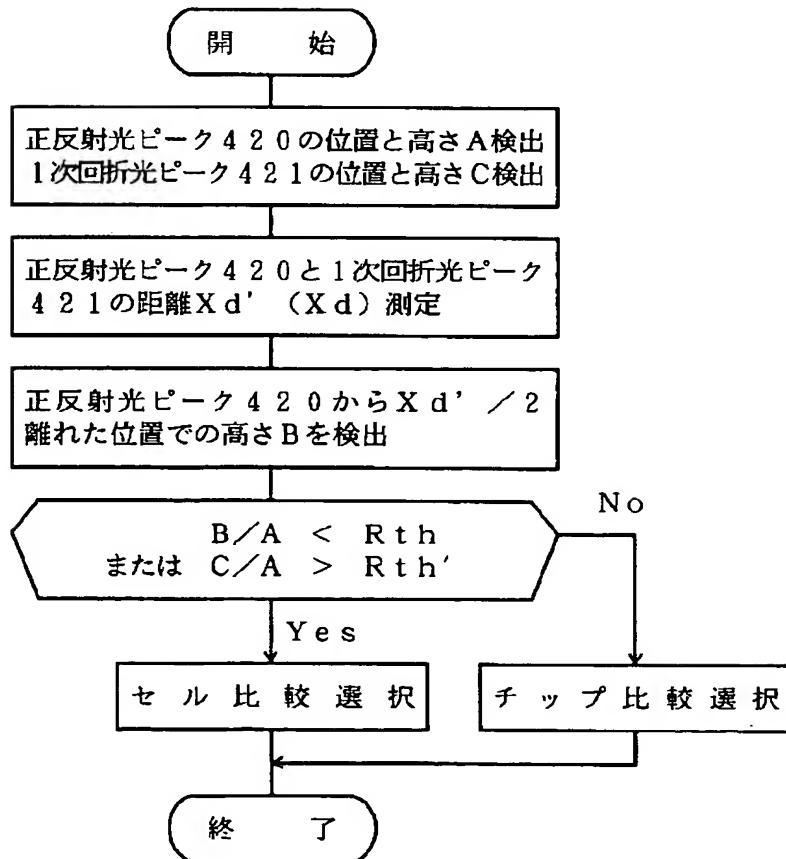
視野内のパターンと瞳孔位置の光強度分布の関係



【図 8】

図 8

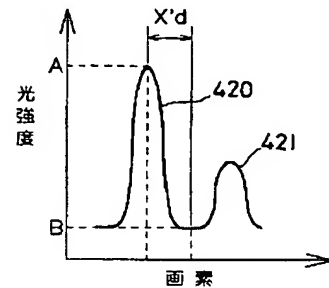
セル部の判定処理



【図 11】

図 11

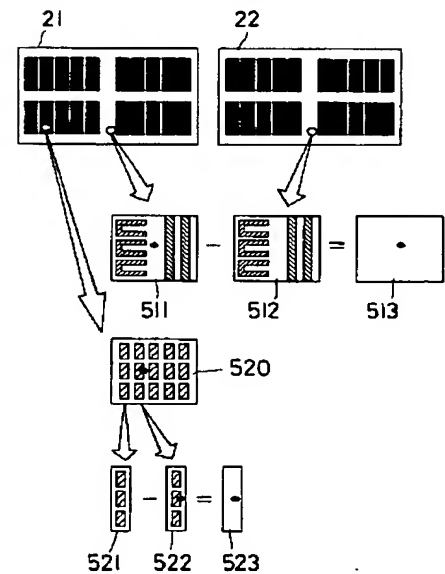
照明光をウエーハに対して斜入射させた時の瞳孔位置の光強度分布



【図 12】

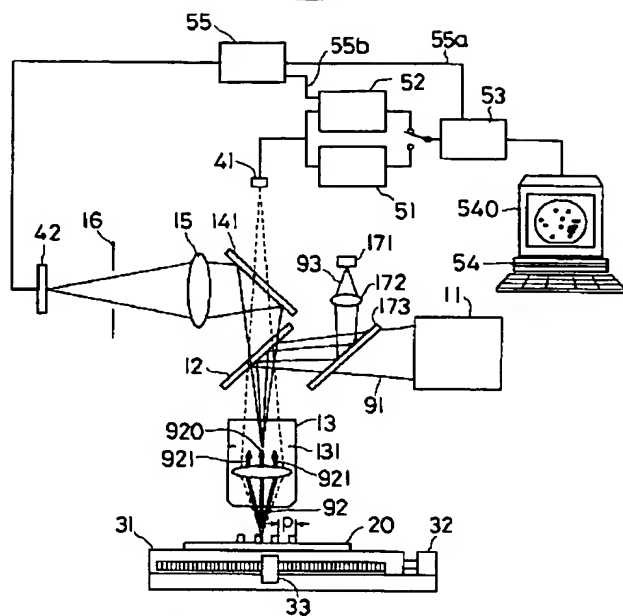
図 12

チップ比較とセル比較の説明図



【図 9】

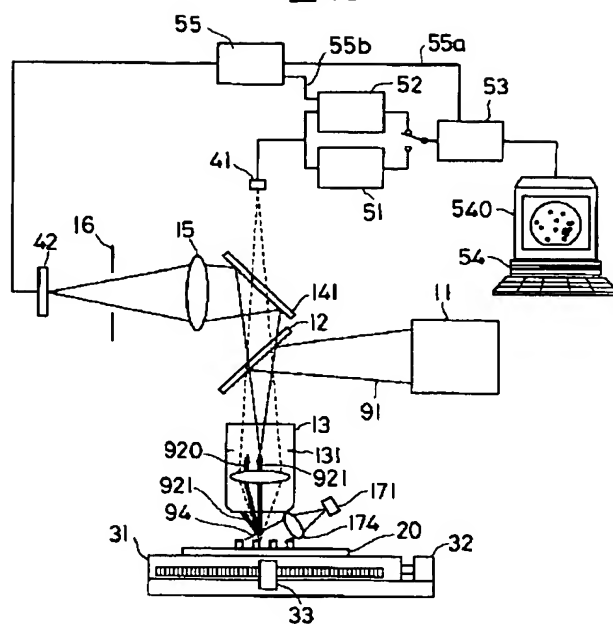
図 9



93 : レーザ光
141 : ダイクロミックミラー
171 : 半導体レーザー
172 : レーザ照明レンズ
173 : ダイクロミックミラー

【図 10】

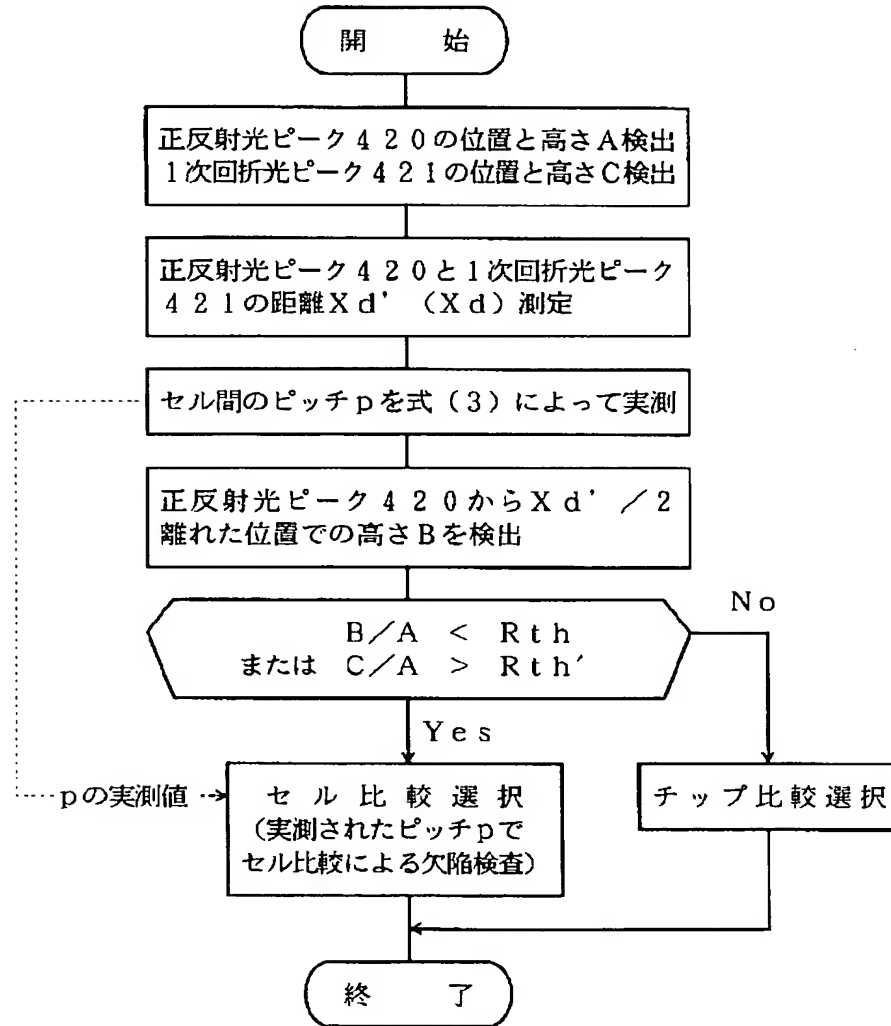
図 10



94 : レーザ光
171 : 半導体レーザー
174 : レーザコリメートレンズ

【図13】

図 1 3



フロントページの続き

(72)発明者 永石 博
 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株
 式会社日立製作所半導体事業部内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.